

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

POUŽITÍ DRTIČŮ A MLÝNŮ V OBLASTI RECYKLACE
ODPADŮ

Utilization of Crushers and Mills in Waste Recycling

bakalářská práce

Autor:

Josef Böckl

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miluše Hlavatá, Ph.D.

Most 2010

zadávací protokol

Autorské prohlášení

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Mostě dne 10. 4. 2010

Josef Böckl

Anotace

Předložená bakalářská práce se zabývá recyklací odpadu, konkrétně dvěma hlavními přípravnými procesy. Jedná se o procesy drcení a mletí, které jsou v práci obecně charakterizovány a následně aplikovány na oblast odpadů. Tato oblast má svá určitá specifika a požadavky. Ke zpracování se používají jiné způsoby, ale konstrukčně obdobná zařízení. Jedna z částí práce je zaměřena na komplexní recyklační linky různých druhů odpadů.

Klíčová slova

drcení, drtiče, mletí, mlýny, odpady, recyklace odpadů, recyklační linka, sběr odpadů, třídění odpadů

Summary

The submitted thesis deals with the recycling of waste, namely with the two main preparatory processes. It is crushing and grinding processes, which are generally characterized in the thesis and then applied to the field waste processing. This area has its particular specifics and requirements. There are other methods of processing the waste presently in use, but with structurally similar devices used in the waste processing. One part of this thesis is focused on comprehensive recycling lines of various types of waste.

Kewords

crushing, crushers, grinding, mills, waste, waste recycling , recycling line, waste collection, waste separation

Děkuji paní Ing. Miluši Hlavaté, Ph.D. za profesionální a metodické vedení při zpracování bakalářské práce, děkuji za její trpělivost a ochotu.

Obsah

1	Úvod	1
2	Teoretické základy procesů drcení a mletí	2
2.1	Způsoby mechanického zdrobňování	5
2.2	Úprava odpadů – dotřídění	7
3	Typy drtičů vhodných pro recyklaci odpadů	9
3.1	Princip činnosti a použití drtičů základních typů.....	10
3.2	Použití odvozených typů drtičů	13
3.3	Příklady výrobců drtičů v ČR	15
4	Typy mlýnů vhodných pro recyklaci odpadů	20
4.1	Příklady výrobců mlýnů na zpracování odpadů	23
5	Příklady recyklačních linek	28
5.1	Recyklační linka na PET láhve	28
5.2	Recyklační linky stavební sutě	31
5.3	Recyklační linky na sklo.....	32
5.4	Recyklační linky – na zpracování pneumatik	34
6	Závěr	37
	Seznam použité literatury	38
	Seznam obrázků.....	42
	Seznam tabulek	44
	Seznam příloh	45

1 Úvod

Rozvoj společnosti, nárůst spotřebovávaných statků, rozvíjející se nové technologické procesy sebou přinášejí problém zvýšeného množství odpadů. Otázkou zůstává, co s narůstajícími odpady, jak zajistit, aby došlo k jejich nejlepšímu využití.

To je neustále diskutované téma nejen na domácí ekonomicko-environmentální scéně, ale i všude ve světě. Odborníci ze všech zemí spojují své zkušenosti, dovednosti a znalosti k tomu, aby dokázali vrátit, co největší množství materiálů zpět do spotřeby.

Cílem práce je vysvětlení teoretického principu úpravnických procesů, konkrétně přípravných procesů drcení a mletí a jejich aplikace u zpracování odpadů. Pro tyto činnosti jsou vyvíjena stále nová technologická zařízení. Vzhledem k jejich velkému množství, různým typům rozdělení jsou vybrána jen některá. Zvlášť jsou vyčleněny ty typy drtičů a mlýnů, které se objevují na trhu a jsou nejvíce v odpadovém hospodářství používány.

Vzhledem k důležitosti úpravnických procesů se výrobci nejen v České republice, ale i v ostatních státech předhánějí v nabídce zařízení, které dodávají na trh. Přizpůsobují své stroje požadavkům odběratelů a neustále se snaží o zdokonalování ať již mobility, výkonnosti případně účinnosti jednotlivých drtičů a mlýnů.

K nejkompexnějšímu zpracování odpadů dochází v recyklačních linkách. Tato zařízení jsou specifická pro různé typy materiálu. Není možné obsáhnout všechny, proto budou uvedeny jen ukázky vybraných třídících linek zpracovávaných materiálů.

2 Teoretické základy procesů drcení a mletí

Růstem životní úrovně občanů, spotřebou stále většího množství spotřebních statků a intenzifikací průmyslové výroby dochází k neustálému navyšování odpadního materiálu. V současné době je velmi důležité materiální využívání odpadů, tzv. recyklace odpadů, která umožňuje šetřit obnovitelné i neobnovitelné zdroje a může v určitých případech omezovat zátěž životního prostředí. Je snahou zvýhodnit ji před spalováním a především skládkováním. Jelikož je materiál velmi různorodý způsoby jeho zpracování se neustále mění a specifikují. Procesy úpravnictví odpadových materiálů vycházejí z procesů, které jsou využívány v oblasti zpracování rud, uhlí, atd. [1]

Základním úpravnickým procesem je mechanické rozpojování v podobě drcení a mletí. V obou případech jde vlastně o změnu tvaru, případně objemu, povrchu apod. zpracovávaného materiálu. [1]

Důležitá je správná volba úpravnických procesů a jim odpovídajících vhodných zařízení, jejichž výběr se odvíjí od druhu zpracovávaného materiálu a následného způsobu zneškodňování nebo úpravy. K zdrobňování materiálu jsou používány nejen drtiče a mlýny, ale také různé speciální stroje a mechanismy. Zařízení používaná pro recyklaci odpadů se principiálně a konstrukčně shodují s běžnými stroji. Způsob zpracování je však poněkud jiný. Liší se pracovní části zařízení. [1]

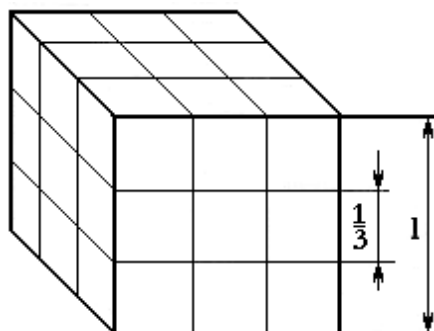
Při rozpojení se přemění asi 95 % energie na teplo. Jen menší část je spotřebována na samotné rozpojení částic materiálů. Vzhledem k těmto skutečnostem jsou drtící a mlecí zařízení velkými spotřebiči energie. Samotné výrobní technologie mají vždy vysoké výrobní náklady. I samotný proces vedoucí k mletí pevných látek je velmi složitý. Z jedné strany působí síly vyplývající z provozu zařízení na drcení a ze strany druhé se jedná o to, že mletý materiál je nestejnorodý s různými tvary zrn. Jsou zde i rozdíly v síle v důsledku různých druhů rozštěpení. Dalším faktorem, který ovlivňuje drcení je vzájemné uspořádání zrn k pracovní části drtičů. Určitou roli hraje také jejich hladkost případně drsnost a v neposlední řadě i rozdíly v pružnosti. [2], [3]

Vzhledem k těmto faktorům se nepodařilo nalézt přesné spojení mezi otázkami práce, která je potřebná k fragmentaci a složením výrobku.

Teorie fragmentace jsou převzaty z publikace Barbary Tora, Model procesu Mielena. Jedná se o následující tři teorie: [2]

1. Teorie podle Rittingera

Podle této teorie rakouského vědce roste práce potřebná k drcení v závislosti na stupni fragmentace. Jako zdůvodnění svého tvrzení použil příklad kostky o stejnorodých vlastnostech a délce strany l , za předpokladu, že na rozdělení této kostky rovnoběžně s povrchem boční stěny je potřeba a jednotek práce.



Obrázek 1 – Schéma rozdělení krychle podle Rittingera [2]

Pokud kolmé hrany, které značíme $2, 3, 4, \dots, n$, budou rozděleny v rovinách procházejícími body označenými na hranách rovnoběžných s povrchem, bude výsledkem hodnota práce, počet kostek, apod. (tabulka 1)

Tabulka 1 – Hodnota práce a stupeň fragmentace [2]
(tabulka přepracována podle zdroje [2])

Počet kostek	Délka hrany	Práce A_i	Stupeň fragmentace
2^3	$\frac{1}{2} \cdot l$	$3 \cdot 1 \cdot a$	2
3^3	$\frac{1}{3} \cdot l$	$3 \cdot 2 \cdot a$	3
4^3	$\frac{1}{4} \cdot l$	$3 \cdot 3 \cdot a$	4
....
n^3	$\frac{1}{n} \cdot l$	$3 \cdot (n-1) \cdot a$	n

Z těchto výsledků je možno napsat obecný vzorec pro práci, která je potřebná k fragmentaci:

$$A_n = 3 \cdot (n-1) \cdot a, \quad (2.1)$$

kde $n-1$ – počet dělení hrany

$m-1$ – počet dělení hrany

Práce různého stupně fragmentace (n i m) jsou si podobné

$$\frac{A_n}{A_m} = \frac{n-1}{m-1} \quad (2.2)$$

Vzhledem k dosažitelnému stupni fragmentace lze uvést vzorec ve zjednodušené formě.

$$\frac{A_n}{A_m} = \frac{n}{m} \quad (2.3)$$

Podle tohoto modelu Rittinger uvedl, že „práce potřebná na drcení je úměrná velikosti nově vytvořené plochy“¹.

Tato teorie se nazývá teorie broušení povrchů a i přestože, nebyla doložena matematickým důkazem, vypočítává se tímto způsobem práce potřebná k drcení. [2]

2. Teorie podle Kicka

Podle F. Kicka byly na základě teorie elastických kulových těles formulována následující hypotéza „práce potřebná k rozdělení daného materiálu známých tvarů se rovná součinu objemu a práce potřebné k rozdělení jednotky tělesa podobného tvaru a hustotě rozdrobovaného materiálu“.² [2]

Tato teorie se nazývá teorií objemovou.

Toto tvrzení je možno doložit následujícím vzorcem

¹ RITTINGER, Petr. *Lehrkurs der Aufbereitungskunde*, 1867

² TORA, Barbara, *Model procesu Millenia*, Ostrava, 2008

$$A = A_1 \cdot V_z \cdot p = A_1 \cdot G[J], \text{ kde} \quad (2.4)$$

A_1 – jednotky práce potřebné k fragmentaci 1kg materiálu s geometricky podobným tvarem [J/kg]

V_z – objem zrn [m^3]

ρ – hustota drceného materiálu [kg/m^3]

G – váha drceného materiálu [kg]

Obě teorie pocházejí z druhé poloviny minulého století. Aplikace těchto teorií na konkrétní surovinu neumožňuje vypočítat reálné číslo, které udává práci potřebnou k drcení suroviny. Tuto problematiku rozpracoval F. C. Bond. [2], [3]

3. Teorie podle Bonda

Hlavní Bondova myšlenka, je, že celková práce potřebná na rozdrobení suroviny z jedné velikosti na druhou, je dána rozdílem celkových energií, tj. prací potřebných na rozdrobení surovin z nekonečně velkých kusů na velikost vhodnou na drcení a na rozdrobení z této velikosti na velikost produktu. [2]

Pro lepší charakterizování různých surovin použil F. C. Bond tzv. standardní velikost zrnitosti a z ní potom určil veličinu W_i , která se nazývá Bondův Index práce a charakterizuje odpor suroviny proti drcení anebo mletí. Představuje množství energie, které je nutné spotřebovat na redukci zrnitosti suroviny z nekonečně velkých kusů na kusy, jejichž 80 % propadne přes síto s oky $100 \mu\text{m}$. [2]

Lze tedy napsat na základě známých předpokladů lze tedy napsat rovnici:

$$A = \frac{10W_i}{\sqrt{d}} - \frac{10W_s}{\sqrt{D}}, \quad (2.5)$$

A – spotřebovaná práce

W_i – index práce

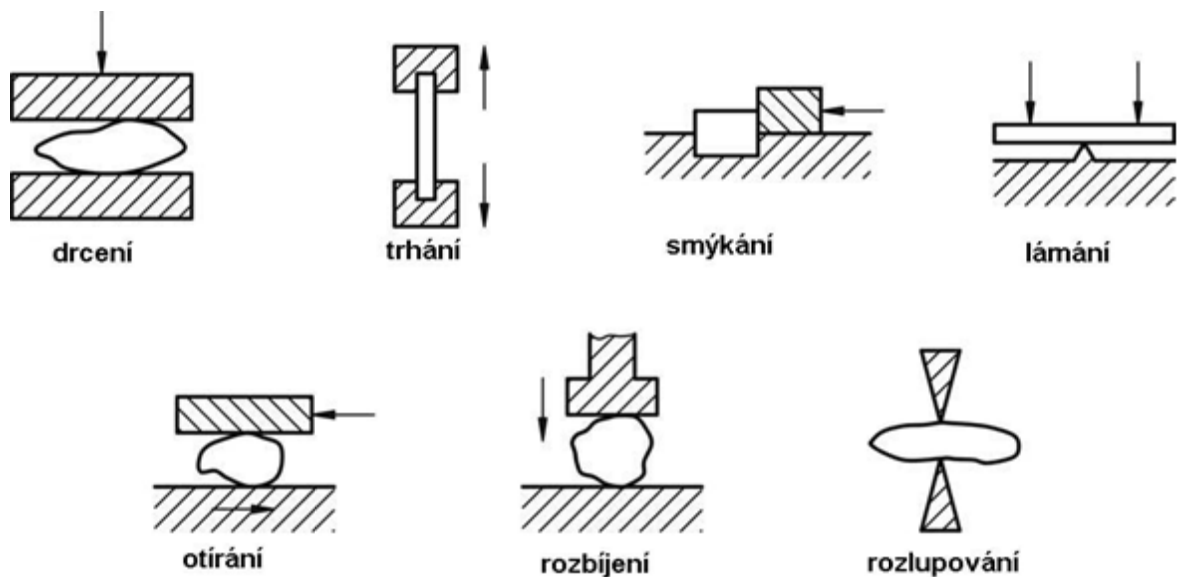
d – velikost otvorů síta, přes které projde 80 % materiálu po rozdrobení

D – velikost otvorů síta, přes které projde 80 % materiálu původního

2.1 Způsoby mechanického zdrobňování

Mechanické zdrobňování je možno provádět lisováním, dělením a v neposlední řadě drcením a mletím. Při všech těchto způsobech je materiál drcen působícími vnějšími silami. Odpad je rozpojován a rozrušován ponejvíce tlakem a smykem, úderem či nárazem,

a to v příslušných zařízeních, např. v drtičích respektive mlýnech. Většinou se v nich kombinuje současně více způsobů zdrobňování většího počtu kusů, případně zrn. [1]



Obrázek 2 – Způsoby zdrobňování [4]
(obrázek upraven podle zdroje [4])

Při volbě vhodného zařízení je nutno posoudit zpracovávaný materiál zejména jeho fyzikální vlastnosti. Stupeň drcení, respektive mletí je důležitou technickou charakteristikou.

Určuje se podle následujícího vztahu:

$$s = \frac{z_1}{z_2}, \quad (2.6)$$

kde s – stupeň drcení, mletí

z_1 – maximální velikost zrna před drcením, mletím

z_2 – maximální velikost zrna po drcení, mletí [1]

Není ani zcela přesně rozděleno, kde končí drcení a začíná mletí. Je to většinou určováno tím, jak je materiál rozpojován nebo tím jakou zrnitost má mít daný produkt. I při dokonalém mletí můžeme dostat produkt, který je ryze hrubozrnný. Naproti tomu při drcení roztloukáním či úderem je možno získat produkt zcela jemnozrnný. Z těchto důvodů je nejideálnější rozdělení strojů na drcení a mletí podle velikosti částic, které jsou získané mechanickým rozpojováním. (tabulka 2). [5]

Tabulka 2 – Velikost částic získaných drcením a mletím [1]
(tabulka přepracována podle [1])

Způsob rozpojování	Velikost rozpojovaných zrn [mm]	Typ zařízení (drtiče, mlýna)
Hrubé drcení	větší než 125	čelistový, kuželový ostroúhlý drtič
Střední drcení	větší než 25	kuželový tupoúhlý drtič
Jemné drcení	menší než 25	kladivový, odrazový, válcový drtič
Mletí hrubé	3-6	tyčový, autogenní mlýn
Mletí střední	0,08-0,8	kulový, bubnový, autogenní mlýn
Mletí jemné	0,03-0,08	kulový-troubový mlýn
Mletí velmi jemné	0,01-0,03	kulový-troubový mlýn, vibrační mlýn
	0,003-0,01	tryskový, koloidní mlýn

2.2 Úprava odpadů – dotřídění

Drcení a mletí je velmi citlivé na čistotu a před samotným procesem musí být materiál řádně roztríděn. Následně správným způsobem dávkován do příslušných zařízení – drtičů a mlýnů. Řízení dávkování bývá většinou podle amperického zatížení elektromotorů. Především musí být velmi dobře odstraněny kovové nečistoty, aby nedošlo k poškození konstrukčních dílů drtičů a mlýnů. Toto je prováděno magnetickými separátory. [6]

Pečlivé roztrídění odpadů hraje velkou roli při dalším zpracování, které začíná fází dotřídování. Odpady shromážděné z barevných kontejnerů i sběrných dvorů (kovový odpad, biologicky rozložitelný komunální odpad, stavební sutě, elektroodpad, atd.) je zapotřebí ještě dalším způsobem dotřídít. To je uskutečňováno na tzv. dotřídovací lince. Tady se odpady třídí na jednotlivé druhy pro další zpracování (recyklace). Zároveň se odstraňují nežádoucí příměsi, nečistoty a odpady [7], [8].

Dotřídění papíru

Papírové odpady jsou z mnoha druhů papírů. Novinový papír je zcela něco jiného nežli krabice od rozličných spotřebičů. Každý druh se zpracovává zcela odlišným způsobem. Je potřeba řádně sběrový papír dotřídít na lince, kde se po pásu směs papíru pohybuje a manuálně se vybírají jednotlivé druhy papíru, mnohdy i odpadky, které tam lidé naházejí. Takto pečlivě roztríděný papír se lisuje do balíků a odváží ke zpracování do papírny. [7],[8]

Dotřídění skla

Barevné sklo se v žádném případě nesmí dostat do pece při výrobě bílého skla. Rovněž se tam nesmí dostat nečistoty, kov, keramika, porcelán. Z těchto důvodů se sklo přetřídí ručně, aby při tomto třídění byly odstraněny veškeré nečistoty. Poté se na speciální automatické lince, pomocí soustavy drtičů a sít upravuje na požadovanou kvalitu. Střepy jsou podrceny na požadovanou velikost. Směs z barevného nebo čírého skla se odváží k dalšímu zpracování do skláren. [8]

Dotřídění plastů

Nejinak je tomu s plastovými odpady. I u nich probíhá dotřídění, a to tak, že se na pásu ručně vybírají PET láhve, fólie, polystyren. Jednotlivé části se zpracovávají samostatně. Dotříděné druhy plastů se lisují do balíků a odváží ke zpracování na recyklační linky. [7],[8]

Dotřídění kovových odpadů

Kovové odpady se shromažďují ve sběrnách druhotných surovin nebo ve sběrných dvorech, kde se rozdělují do jednotlivých kontejnerů. Poté se odváží do hutí, kde se přetaví a tím se zbaví zbytků, které shoří při teplotě 1 700°C. [7]

3 Typy drtičů vhodných pro recyklaci odpadů

Drtiče využitelné pro zpracování odpadu lze rozdělit podle několika hledisek. Při výběru vhodného zařízení je velmi důležitá tvrdost zpracovávaného materiálu. Na každý typ odpadu je potřeba použít správnou technologii působení. Je možno zpracovávat ostrím, úderem nebo případně tlakem. [9]

Kritéria rozdělení drtičů

A. podle použitého energetického zdroj

- samojízdné s vlastním pohonem
- připojitelné k energetickému zdroji
- přívěsné s vlastním motorem

B. podle typu pohonu

- elektromotor
- spalovací motor
- hydromotor
- na vývodovou hřídel traktoru

C. podle příkonu motoru

- malé – výkon motoru 1-3 kW
- střední – výkon motoru 3-50 kW
- velké – výkon motoru nad 50 kW

D. podle způsobu přepravování

- přenosné
- převozní (nesené traktorové, na jednonápravovém nebo dvounápravovém podvozku)

E. podle typu pracovního ústrojí (závisí na kvalitě rozmělnění a výkonnosti)

- *základní typy*
 - kladivové
 - čelistové
 - odrazové
 - válcové
 - kuželové

- **odvozené ze základních typů**

- síťové
- čepové
- bubnové
- talířové
- nožové
- spirálové ostří
- kombinované
- s frézovacím válcem
- s šenkovým řezacím mechanismem

F. podle počtu otáček

- pomaloběžné
- rychloběžné

G. podle počtu hřídelí

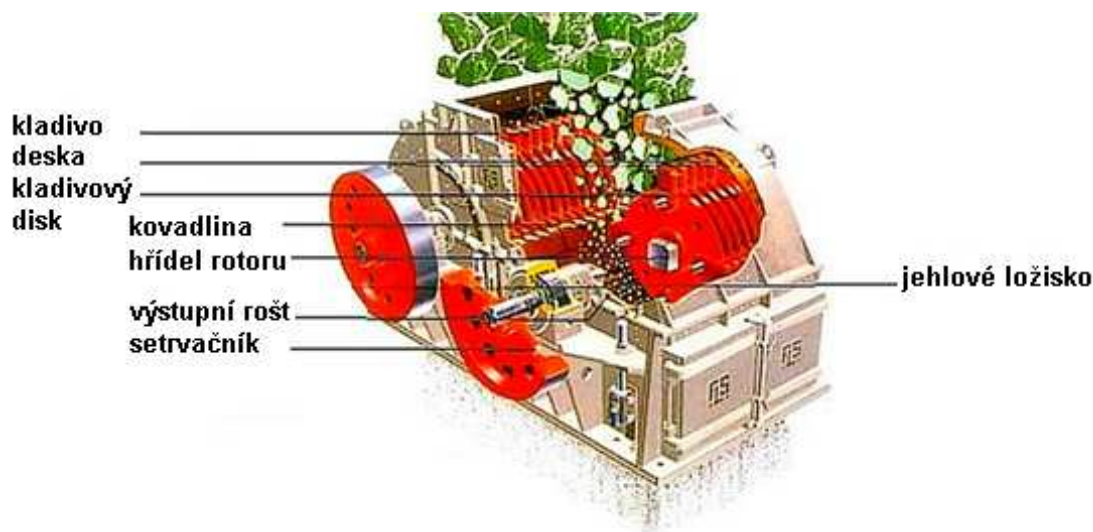
- jednohřídelové
- dvouhřídelové
- čtyřhřídelové

3.1 Princip činnosti a použití drtičů základních typů

Kladivový drtič je tvořen hřídelí, na které je naklínován ocelový náboj s kyvnými kladivy. (obrázek 3) Nárazy otáčejících se kladiv je materiál vrhán na výhozové ostění drtiče, které jsou tvořeny mlecími deskami, různě profilovanými. Materiál je rozrušován jednak nárazy kladiv, jednak nárazy na ostění. Rozdrcené částice materiálu propadávají sítím v dolní části drtiče. Tyto typy drtičů mívají reversní chod pro optimální využití kladiv a rovnoměrnému opotřebení celého stroje. Bývají též vybaveny bezpečnostní klouzavou spojkou proti přetížení, která chrání drtič v případě zablokování čelistí. Jsou vhodné pro drcení měkkých a středně tvrdých materiálů, např. cihel nebo keramických materiálů v recyklačních linkách. [1]

Přednosti kladivových drtičů jsou nízké náklady na provoz a údržbu, vysoký výkon, dlouhá životnost hlavních drtících dílů.[5]

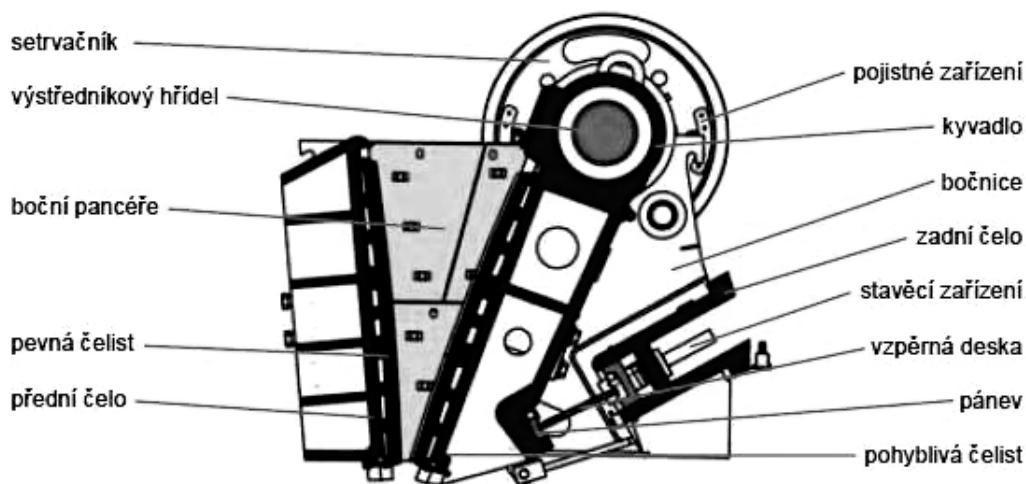
Použití – na drcení skla, kovových odpadů, vraků apod.



Obrázek 3 – Kladivový drtič [4]

Čelist'ové drtiče mají vysoký výkon a schopnost zpracovat velké kusy materiálu při nízké hmotnosti. Předností je i jednoduchá konstrukce stroje, velmi lehké technické řešení s jednoduchým kinematickým mechanismem, který umožňuje vyšší výkon a lepší vtahování velkých kusů materiálu do drtícího prostoru. [10] (obrázek 4)

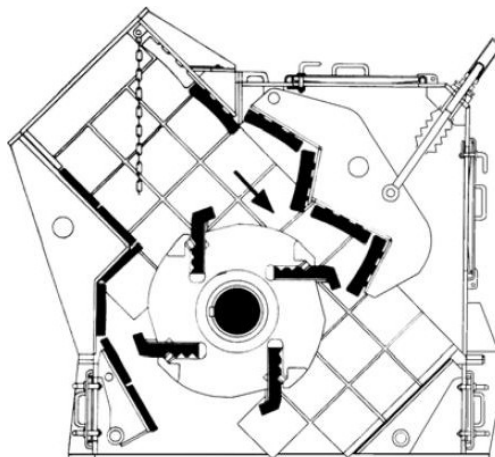
Použití – při drcení lomového kamene, zpracování betonu, ale i na recyklaci cihelného zdiva, a to v semimobilních i mobilních zařízeních. [10]



Obrázek 4 – Jednovzpěrný čelist'ový drtič [11]

Odrážové drtiče (obrázek 5) mají uzavřené těleso rotoru a pevné upnutí drtících lišt v rotoru. Dále vynikají řešením pružících jednotek, seřizováním šterbiny odrazových desek a dodrcovací desky. Jemnější drcení je možno dosáhnout montáží dodrcovací dráhy. [12]

Použití – těžké materiály v lomech, ale také zpracování stavebního odpadu pro recyklaci např. beton, cihlové sutě, atd. [12]

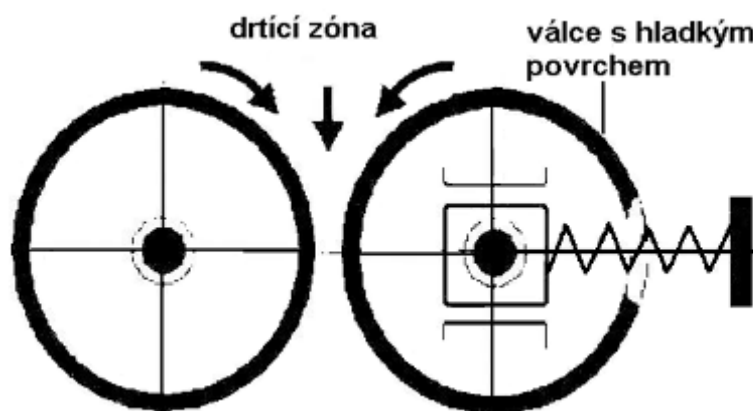


Obrázek 5 – Odrasový drtič [1]
(obrázek upraven podle zdroje [1])

Válcové drtiče jsou určeny pro jemné drcení širokého spektra materiálů. Mají jednoduché a jednoznačné nastavení přítláčné síly pohyblivého rotoru, jednoduchý systém stavění drtící šterbiny, kterou dochází k nastavení výstupní zrnitosti. [13] (obrázek 6)

Válce mohou mít různé povrchy. Mohou být hladké, rýhované, ale i s jinou úpravou. Dvouválcové drtič pracují na principu otáčení válců proti sobě, a to buď se stejnou, nebo odlišnou rychlostí. Vlivem třecích sil mezi materiálem a povrchem válců se pohybuje drcený materiál do drtící zóny.[1]

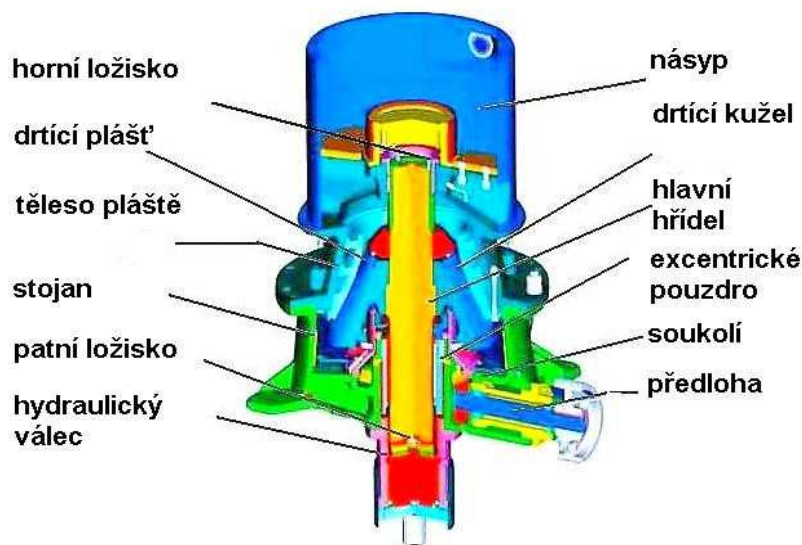
Použití – u materiálů lehce a středně drtitelných materiálů a jsou vhodné i pro lepkavé materiály, které jiné stroje ucpávají. [13], [1]



Obrázek 6 – Válcový drtič [9]
(obrázek upraven podle zdroje [9])

Kuželové drtiče jsou přizpůsobeny hlavně drcení tvrdých materiálů. K drcení materiálu dochází mezi kuželem a pláštěm. Kužel může být buď tupouhlý (obrázek 7), nebo ostroúhlý. Zatížení nosných konstrukcí snižuje uložení na pryžových pružinách. Robustní provedení těchto typů zaručuje ochranu proti extrémně nepříznivým provozním vlivům. Má poměrně stabilní konstrukci a vysokou účinnost. 1]

Použití – při drcení rud a kameniva a stavebních odpadů.

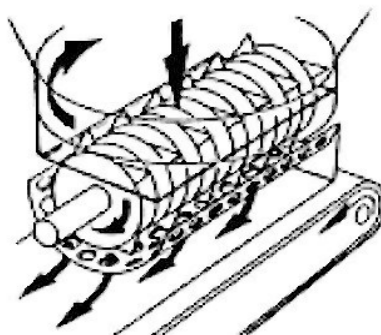


Obrázek 7 – Kuželový drtič [14]
(obrázek upraven podle zdroje [14])

3.2 Použití odvozených typů drtičů

Sítové drtiče mají pevný rotor s výstupky z tvrzené oceli, které drtí materiál o tvrdá síta tvořící vanu pod rotorem. (obrázek 8)

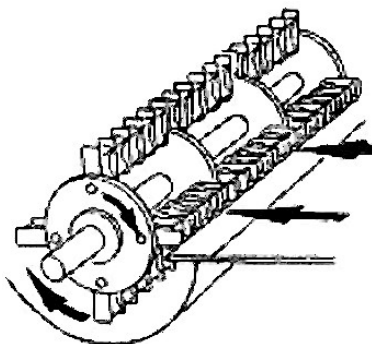
Použití – především v kompostovacích linkách. [9]



Obrázek 8 – Sítové drtiče [9]

Cepové drtiče mají různě konstruované typy cepů a různou velikost sít. Stupeň drcení materiálu závisí na druhu a počtu nožů, otáčkách bubnu a rychlosti podávání. (obrázek 9)

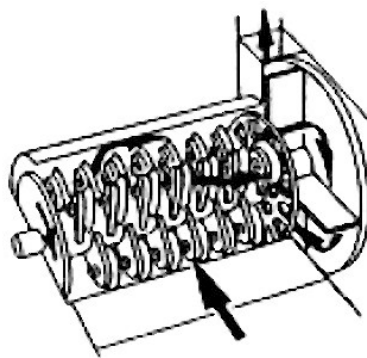
Použití – v kompostovacích linkách. [9]



Obrázek 9 – Cepové drtiče [9]

Bubnové drtiče mají ústrojí je složeno z více disků na hřídeli uvnitř bubnu. Disky šikmým spirálovým pohybem drtí materiál a protlačují ho přes síto. (obrázek 10)

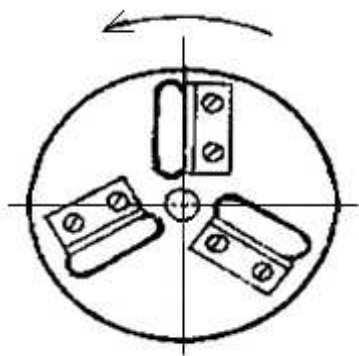
Použití – drcení elektrošrotu, ledniček, plechovek, kompozitních v kompostovacích linkách. [9]



Obrázek 10 – Bubnové drtiče [9]

Nožové drtiče drtí materiál ostrými noži, pevně osazenými na rotoru. Materiál je rozdrcen rovnoměrně a jeho velikost závisí na počtu nožů, otáčkách rotoru a rychlosti vtahování. (obrázek 11)

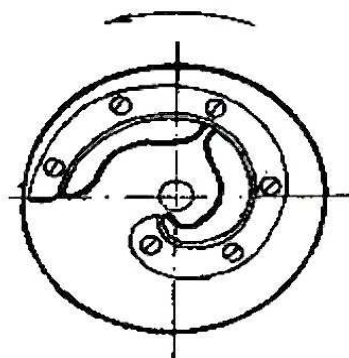
Použití – drcení plastů, gumy, dřevních materiálů. [9]



Obrázek 11 – Nožové – tři nože [9]

U **spirálových drtičů** je ostří je uloženo kolmo případně šikmo ke směru, ze kterého je vkládán materiál. (obrázek 12)

Použití – dřevní materiály. [9]



Obrázek 12 – Spirálové [9]

3.3 Příklady výrobců drtičů v ČR

Charakter materiálu, odpadu, který se drtí určuje typ používaného drtícího zařízení. Určitým aspektem je i účel drcení. Může být pouze objemové zmenšení pro následnou dopravu. Případně lze drtit za účelem skládkování nebo recyklace.

Jelikož zpracování odpadu je velmi důležitý obor, využívají toho výrobci, kteří na trh dodávají stroje a zařízení sloužící k tomuto účelu. Konkurenční boj je na tomto poli jistě velmi značný. Jednotliví výrobci se předhánějí nejen ve zlepšování technologií, produkci energeticky úspornějších strojů, ale také v poskytovaných službách. Na přání zpracovatelů odpadu přizpůsobují svá zařízení, tak aby jejich firma dosáhla maximálně možného tržního podílu nejen u nás, ale i v zahraničí. K porovnání je možno uvést několik výrobců a jejich zařízení.

A. Firma Odes, s.r.o.

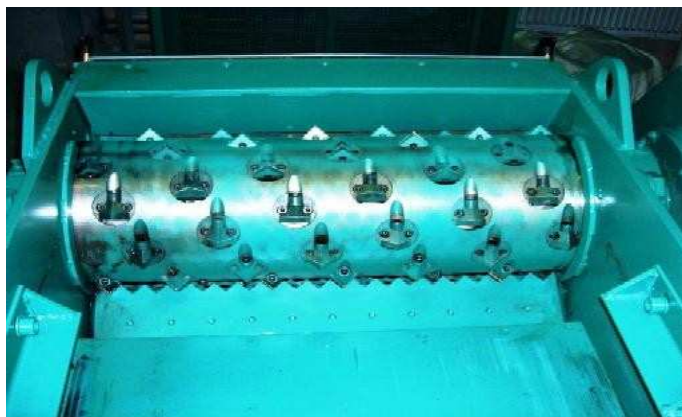
Od roku 1993 se na něm udržuje i firma Odes, s.r.o., která dodává technologie pro zpracování odpadu mnoha důležitým domácím, ale i zahraničním firmám.

Vybrané produkty firmy:

- **Jednohřídelové drtiče**

Tento typ drtičů (obrázek 13) je určený k drcení na velikost, která je dána otvory v sítu. Výstupní frakce je mezi 8 až 50 mm. Celé drcení je prováděno buď pomocí pevných segmentů, nebo otočnými břitovými destičkami proti pevnému hřebenu. K pracovnímu válci je podávání drceného odpadu zajištěno hydraulickým přtlakem. [15]

Tyto drtiče jsou vhodné pro zpracování mnoha druhů odpadů. Lze jimi drtit plasty, papír, gumu, elektroodpad, atd. Těmito drtiči není možno drtit kameny, železo a ani stavební odpad. [15]



Obrázek 13 – Jednohřídelový drtič [15]

- **Dvouhřídelové drtiče odpadu [16] (obrázek 14)**

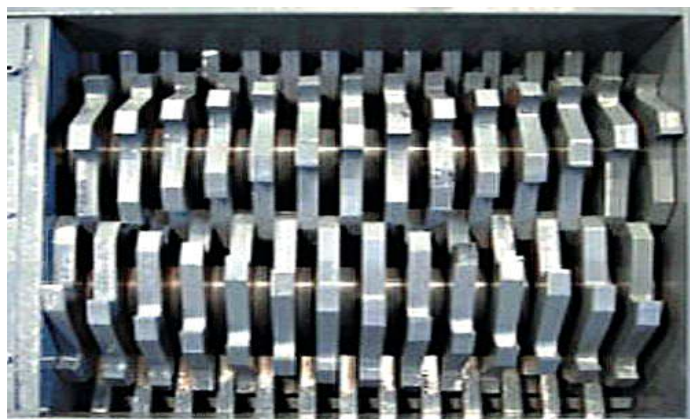
U těchto drtičů probíhá drcení tím způsobem, že materiál se stříhá segmenty na hřídelích. Ze segmentů, které mají dva a více zubů z ušlechtilé oceli, jsou vytvořeny válce. Tyto se otáčejí pomalým způsobem proti sobě. Nadrťí odpad na proužky nebo kusy. Jejich velikost závisí na charakteru zpracovávaného materiálu a rovněž na šíři segmentů. [16]

Výhodou těchto drtičů je, že mohou být použity jako první zařízení v recyklačních linkách. Slouží pro předdrcení odpadu, který chceme drtit případně mlet najemno. Při nutnosti je možno těmto drtičům přidat přtláčné zařízení. To umožní natlačit objemný odpad mezi drtící segmenty. [16]

Drtiče se vyrábějí v několika kategoriích: [16]

- a. malá zařízení
- b. zařízení pro běžné užití
- c. zařízení pro vyšší nároky
- d. zařízení pro průmyslové užití

Zařízeními a) až c) je možno zpracovat téměř stejný odpad jako s typy jednohřídelovými. Není vhodné je používat, i když jsou vybaveny více hřídelemi, na zpracování tvrdého odpadu (železo, stavební odpad, atd.) K tomu je možné využít zařízení d), u kterého se pro dosažení střížné síly k pohonu používá dvou převodovek s elektromotory nebo hydromotory. Drtiče jsou uzpůsobeny na zpracování velkoobjemového a houževnatého odpadu (např. sudy, europalety, pneumatiky, pražce, komunální odpad, atd. [16])



Obrázek 14 – Dvouhřídelové drtiče odpadu [16]

- **Čtyřhřídelové drtiče odpadu**

U těchto typů drtičů probíhá proces drcení na dvou místech. Prvotní drcení probíhá mezi hlavními drtícími hřídelemi. Nadrcené kusy, které nepropadly sítím umístěným po pracovní plochu stroje, jsou navraceny zpět do pracovního prostoru. [17]

Ani tento typ není vhodný pro tvrdý odpad. Pro něj je vhodné použít následující zařízení. [17] (obrázek 15)



Obrázek 15 – Čtyřhřídelové drtiče odpadu [17]

- **Bubnové drtiče odpadu**

U těchto typů zařízení zajištěna vyšší účinnost drcení tím, že probíhá prostřednictvím rotačního mechanismu v součinnosti se vzájemným narážením jednotlivých částí drceného materiálu o sebe. Velmi často jsou součástí recyklačních linek. [18]

Vzhledem k zvýšené účinnosti se hodí pro drcení zejména elektrošrotu, kompozitních materiálů, atd. [19] (obrázek 16)



Obrázek 16 – Bubnový drtič [19]

B. Firma Unikasset, s.r.o.

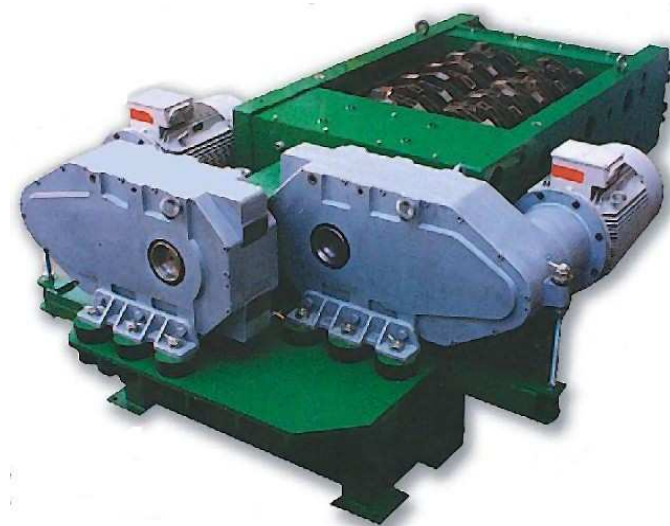
Výrobní program firmy, která je na našem trhu již od roku 1995, je zaměřen na výrobu, dodávky strojů a zařízení na likvidaci odpadů. Dodává jednotlivá zařízení nebo i kompletní technologické linky na zpracování odpadů. Zařízení pracují na mnoha místech České republiky, ale též v zahraničí. [20]

Vybrané produkty firmy:

Dvojrotorové drtiče DUC 16

Vhodné jsou hlavně k zdobňování plastů, pryže, pneumatik, dřeva apod. K tomu dochází mezi noži fréz pracovních válců. (obrázek 17) Na jejich velikosti závisí velikost rozdrobněných kusů odpadů. Frézy jsou vyrobeny z otěruvzdorné oceli. Ostatní části zařízení, délka velikost, šířka i tvar jsou uzpůsobeny podle požadavků zpracovatele odpadu. [21] (příloha 3)

V rámech jsou na valivých ložiskách uloženy válce, které jsou poháněny přírubovými elektromotory přes čelní převodovky. Drtící frézy jsou natočeny tak, aby nedocházelo k rázům. [21]



Obrázek 17 – Dvojrotorový drtič odpadu DUC 16 [21]

4 Typy mlýnů vhodných pro recyklaci odpadů

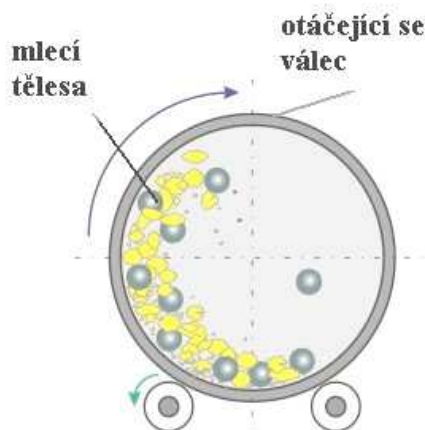
Na rozdíl od drtičů jsou mlýny zařízení, pro získání produktu o malé velikosti zrn. Bylo však již řečeno, že přesnou hranici nelze určit. I některé typy drtičů lze použít na mletí. [4]

Mlýny je možno opět dělit podle několika hledisek. Pro příklad bude použito rozdělení podle pracovních těles

- mlýny s volně uloženými mlecími tělesy
 - kulové mlýny
 - tyčové mlýny
 - vibrační mlýny
 - mlýny kuličkové
- mlýny kladkové
- mlýny proudové
- mlýny nožové
- mlýny kladivové
- mlýny úderové
 - talířový mlýn

Ve válcové části **kulového mlýnu** se volně pohybují mlecí tělesa, proto je zařízení zařazeno ve skupině mlýnů s volně loženými mlecími tělesy. Dutý válec nebo buben se otáčí kolem vodorovné osy. Působením odstředivé síly jsou železné koule vyneseny vzhůru a odtud padají. Úderem, tlakem padající tělesa drtí materiál. (obrázek 18)

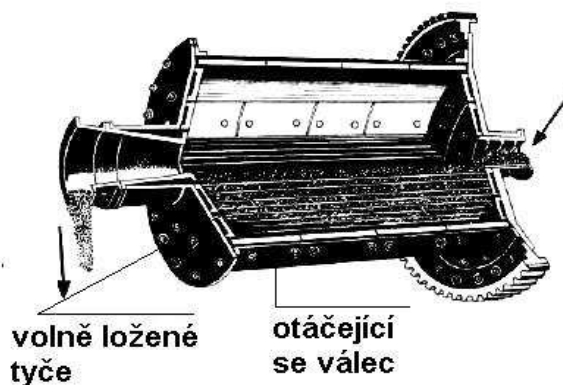
Použití – pro mletí cementářské suroviny, ale i skla.



Obrázek 18 – Princip kulového mlýnu [2.2]
(obrázek upraven podle zdroje [24])

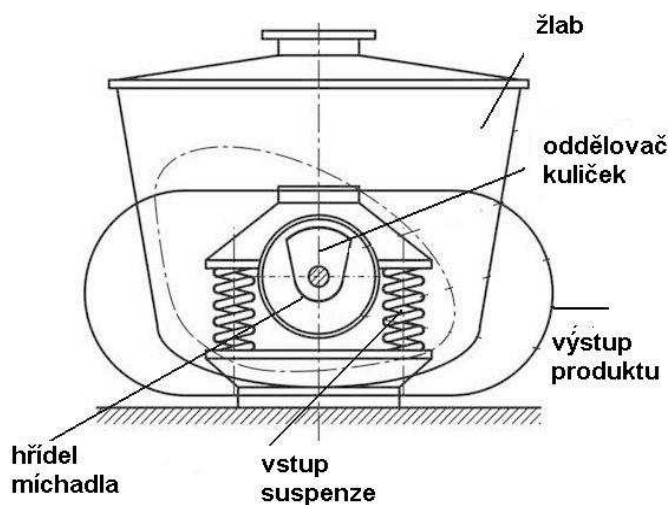
Mlecí náplň **tyčových mlýnů** tvoří tyče. Vzhledem k tomu, že by mohlo dojít k poškození mlecích tyčí při pádu je počet otáček oproti kulovým mlýnům mnohem nižší. (obrázek 19)

Použití – obtížně zpracovatelné materiály.



Obrázek 19 – Tyčový mlýn [1]
(obrázek upraven podle zdroje [1])

Vibrační mlýn je nazván podle svého tvaru – žlabu, ve kterém jsou umístěna mlecí tělesa a samotný rozpojovací materiál. (obrázek 20) Vše je uloženo na soustavách pružin. Excentricky uložené závaží uložené na hřídeli vyvolává kmitavý pohyb. Dojde k vyvolání krouživého pohybu náplně, přičemž dochází k mletí částic tak, že je rozbíjí mlecí těles (válečky, atd.) [4]

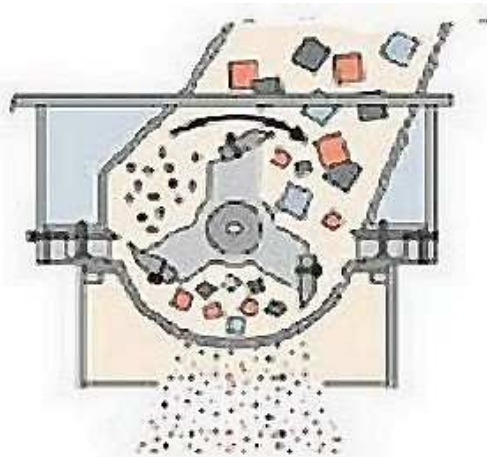


Obrázek 20 – Vibrační mlýn [4]

(obrázek upraven podle zdroje [4])

Nožový mlýn má několik nožů, které jsou uloženy kolem rotoru – na statoru a zároveň nože, které jsou umístěny přímo na rotoru. Oka sít určují velikost recyklátu. Ten je rovnoměrný a malým množstvím prachu. Síta jsou umístěna v dolní části mlýnu. (obrázek 21)

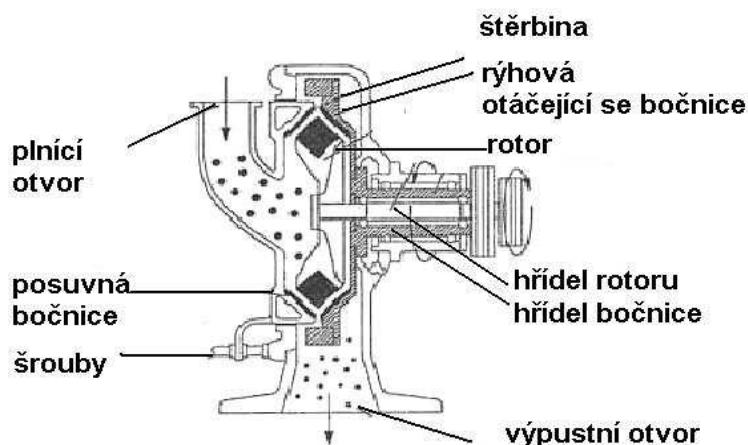
Použití – především při zpracování plastů



Obrázek 21 – Nožový mlýn [23]

U **talířového mlýna** je v mlecím prostoru materiál rozemláván nárazy na talíř, který se otáčí v opačném směru. (obrázek 22) Svou úlohu má náraz rotoru a tlak vzduchu. Ten zajistí to, že se jednotlivé části o sebe otírají. Výhodou talířového mlýna je schopnost rozemlít na zrnitost $m \cdot 10^{-6}$. Velikost je dána štěrbinami mezi bočnicemi. [17], [24]

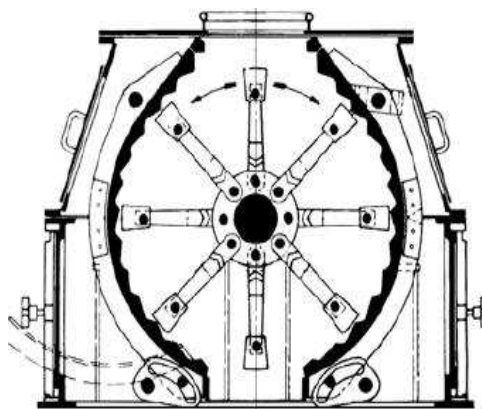
Použití – vláknitých materiálů nebo dřevěných odpadů



Obrázek 22 – Talířový mlýn [24]
(obrázek upraven podle zdroje [24])

Kladivové mlýny mají větší počet kladiv na rotoru než u kladivových drtičů. (obrázek 23) Využívá se otáčení rotoru v obou směrech, čím dochází k omezení opotřebení kladiv. [1]

Použití – mletí vápence, uhlí a dalších surovin a např. kovového odpadu.



Obrázek 23 – Kladivový mlýn [1]

V rámci recyklace odpadů je nutno zvážit, které z mlecích zařízení použít. Záleží na druhu zpracovávaného odpadu a na jeho dalším využití.

4.1 Příklady výrobců mlýnů na zpracování odpadů

Stejně jako u drtičů i ve výrobě mlýnů je značná konkurence. Výrobci drtících zařízení se povětšinou věnují i konstrukcím, výrobě a prodeji mlýnů, případně celých recyklačních technologií.

A. Firma Terier, s.r.o.

Společnost vyrábí stroje, ale i celé linky na zpracování odpadů, které jsou v provozu v České republice, ale též na Slovensku, Rakousku, Německu a dalším mnoha zemích. Na trhu je od roku 1992 všechny stroje, které vyrábí, jsou vlastní konstrukce. Flexibilní reakce na specifické požadavky zákazníků má díky velmi úzkému spojení výroby a konstrukce i samotného managementu. [25]

Vybrané produkty firmy:

- **Střední nožový mlýn**

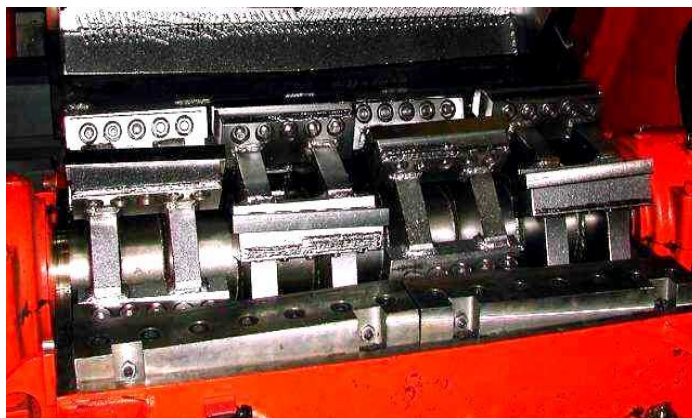
Nožový mlýn G 300/400 (společnosti Terier) je ideálním zařízením na zpracování jednopruhových pevných odpadů jako jsou např. plasty, guma, papír, dřevo. Jeho robustní konstrukce je vhodná do recyklačních linek. Optimální velikost recyklátu je dána velikostí sít. [25] (obrázek 24)



Obrázek 24 – Nožový mlýn [25]

- **Hranolový mlýn**

Mlýn typu GH 600/1200 se řadí do kategorie těžkých mlýnů a je ideální na drcení elektrošrotu, barevných kovů, kabelu atd. Vyznačuje se svou robustností a je využitelný do recyklačních linek, které slouží na získání barevných kovů. Obrovský drtící prostor je osazen hranolovými noži. (obrázek 25)



Obrázek 25 – Hranolový mlýn [26]

B. Firma Ing. Bonfiglioli S.p.A (Itálie)

Na trh dodává již 23 let stroje na zpracování kovového odpadu. Své produkty neustále modernizuje a přizpůsobuje nárokům zpracovatelů odpadů. Hlavním prodejcem produktů této firmy, v České republice je společnost Technoeuro, s.r.o. [27]

Vybrané produkty - stroje na zpracování kovového odpadu:

Kladivové mlýny Drake

Pro zpracování lehkého kovového šrotu je možno použít kladivové mlýny, např. Drake 2000. Tyto mlýny se vyrábějí v několika alternacích, a to s 10 (obrázek 26), 12 a 16 (obrázek 27), kladivy. U typů s nižším počtem kladiv (10) je lépe zpracovávat stříhaný materiál. Přímě na místě jsou vytvářeny výnosné produkty zbavené nekovových zbytků a laku. Před sestavením strojů není nutné připravovat žádný speciální podklad (betonáž). Je pouze potřeba zajistit pevnou rovnou. [27]



Obrázek 26 – Mlýn – 10 kladiv [27]

Všechny tři typy jsou převážně poháněny dieselovým motorem. V modifikacích je využíváno i pohonu elektromotoru. Výběr daného zařízení závisí na zpracovateli odpadu.

Technologická sestava těchto kladivových mlýnů je vybavena 2 vibračními dopravníky. Při zpracování je potřeba od sebe separovat magnetické a nemagnetické frakce. To umožňují ve dvoustupňové separaci 2 rotační separátory. [27]

Ekologické normy velmi přísně vymezují hodnoty kouře a prachu při zpracování kovového odpadu. Naplnění těchto nařízení zajišťuje systém odsávání prachu, kde filtrované nečistoty jsou odsávány přes vodní filtry v uzavřeném okruhu. Celý systém odsávání je hnán elektromotorem. [27]

Stroje jsou vyráběny z kvalitní oceli. Pro vyrovnání stroje na pracovní ploše slouží pevný rám a stabilizátory. Skládá se z podávacího zásobníku s hydraulickým bucharem a automatickým plněním. Šrotovací komora je vyrobena z pouzdra z kvalitní oceli a rotační části s 16-ti kladivy (10-ti kladivy). Je zhotovena tak, aby umožnila snadnou výměnu panelů při jejich opotřebení, což může být cca po 1000 provozních hodinách a bubnu při opotřebení kladiv, cca po 400-600 provozních hodinách. [27]

Materiál ze šrotovací komory prochází skrz oka mřížky a padá na vibrační desku.



Obrázek 27 – Mlýn Drake – 16 kladiv [27]

Pro porovnání je možno uvést technická data (tabulka 3) mlýnu s 10-ti kladivy a mlýn s 16-ti kladivy:

Tabulka 3 – Porovnání mlýnů s různým počtem kladiv [27]
(tabulka upravena podle zdroje [27])

		Mlýn - 10 kladiv	Mlýn - 16 kladiv
motorová jednotka	elektro	-	750 kW
	diesel	440 kW	-
odsávání		75 kW	75 kW
výrobní kapacita		8-10 tun/hod	35 tun/hod

5 Příklady recyklačních linek

Recyklačních linek stále v České republice stále přibývá. Zpracovávají odpadové materiálu různého druhu a také se podle toho uzpůsobuje jejich technologie, vlastní recyklační proces i jejich mobilita. Je možno rozdělit linky na mobilní a stacionární, případně semimobilní.

Pro představu budou uvedeny některé vybrané recyklační linky.

5.1 Recyklační linka na PET láhve

Česká republika je na předním místě v třídění plastového odpadu. Patří k pěti státům EU, které dosahují celkové recyklace obalového odpadu vyšší než 60 %. Vzhledem k vysokému nárůstu především obalového materiálu, je v současné době věnováno zlepšování recyklačních technologií na plasty, konkrétně na PET velké úsilí. Pro další využití PET lahví je důležitý první krok recyklace – třídění. Dochází k němu ať manuálně nebo automaticky, vždy však velmi pečlivě. Nejlevnější způsob třídění je tzv. třídící buben, který zajišťuje plynulý chod. [28], [29]

Z tohoto zařízení se láhve posouvají na dopravní pás či pásy, podle zvolené metody recyklace. Na konci pásu je nutná řádná kontrola, především proto, že následuje proces mletí a mohlo by dojít k poškození zařízení. Mlýn je většinou zvolen nožový, přičemž je nutno dbát na jejich 100% ostrost neboť tupé nože zapříčiňují zvětšování vloček, což přináší problémy při dalším zpracování. [29]

Způsoby mletí jsou dva:

- *mletí za sucha* – práce s dmychadlem, odstraňování etiket pomocí pneumatického tříděče
- *mletí za mokra* – motor a nože zůstávají chladné, neotupí se a mlýn funguje jako předepírací stroj. Tento mlýn je vybaven šnekovým dopravníkem, kde dochází k částečnému odvodnění.

V případě použití suchého mletí je nutno k získání čistých vloček použít předepírací stroj. [29] (obrázek 28)



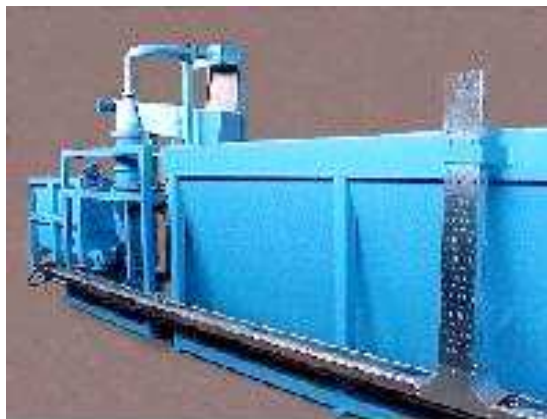
Obrázek 28 – Předepírací stroj [29]

Nyní je možno použít prací linky (obrázek 29), kde na vstupu je vyrovnávací silo. Z něj vycházejí vločky do flotačního tanku (obrázek 30), kde se zbavují zbytku nečistot. [29]



Obrázek 29 – Prací část recyklační linky [29]

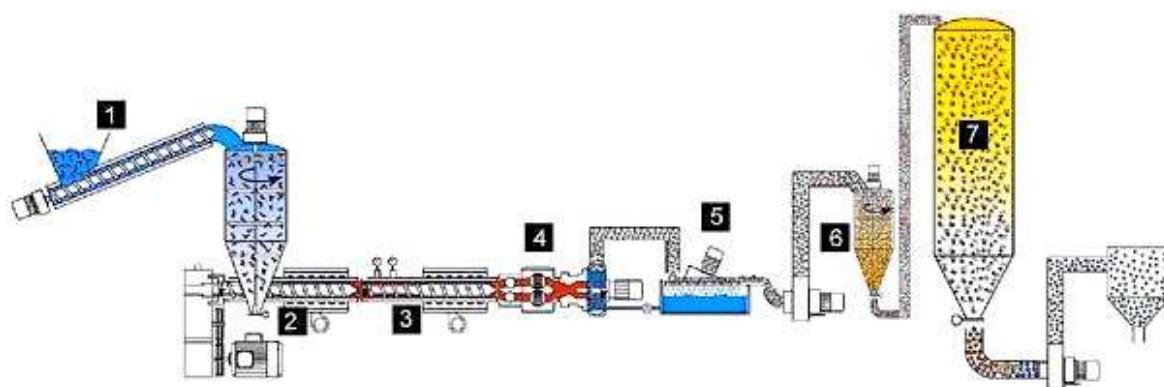
Velkým problémem je lepidlo. Jednou z možností je použití horké vody s alkalickou příměsí. Další ze způsobů je využití samoohřevu vody, ke kterému dochází třením vloček. [29]



Obrázek 30 – Flotační tank [29]

Na konci prací linky by vločky neměly mít téměř žádný chemické kontaminanty, alkálie a jiná smáčedla. Pro zajištění použijeme ve fázi proplachu účinnou odstředivku. i přesto je doporučeno používat druhý flotační tank, neboť na prací lince zůstávají přichyceny etikety a smísené s vločkami. Tank je opatřen extrakčním šnekem, který vynáší vločky do proplachovací odstředivky. Následující fáze jsou neméně důležité, týkají se filtrace vody. [29]

Souhrnně lze říci, že u recyklace plastů je základním problém spotřeba energie, údržba, ztráta materiálu, a manipulace s odpady. Výjimkou mohou být některé nové úsporné technologie, jako například recyklační linka Starlinger PET, kde je použita metoda B2B (*bottle to bottle*). Jedná se uzavřený okruh výroby nového PET materiálu (pro potravinářské účely) z vytríděného a namletého PET recyklátu, při minimální energetické náročnosti. [30] (obrázek 31)



Obrázek 31 – Starlingerova linka Recostar PET iV+ pro recyklaci PET [30]

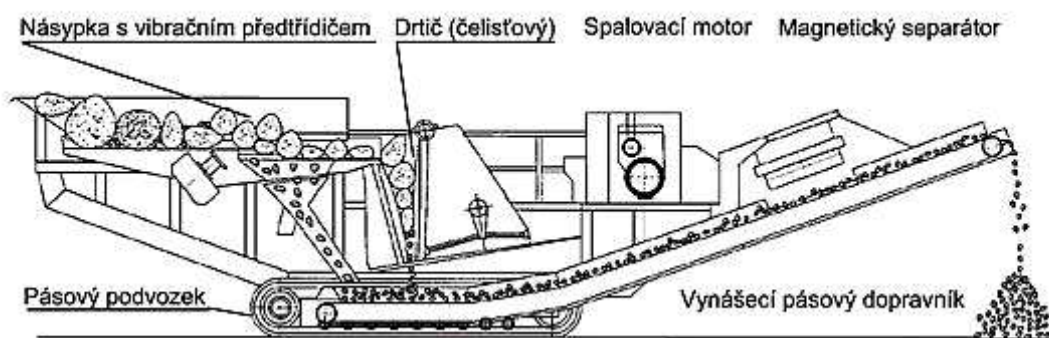
- a) materiál je podáván do sušičky k *předsušení*
- b) dodáván do *extruderu* (2)
- c) na *odplyňovacím systému* (3) je materiál dekontaminován
- d) Pevné kontaminaty jsou následně *odfiltrovány* (4) na filtru se zpětným tokem.
- e) *peletizace* (5) pod vodou
- f) následujícím proces – *krystalizace* (6)
- g) *polykondenzace v pevném stavu (SSP)*

Z moderních technologií recyklačních linek na plasty – Pet je možno uvést zařízení od firmy Jiangsu Lianguan Science & Technology Development Co, Ltd. Svoje produkty nabízí po celém světě a garantuje jejich vysokou kvalitu a cenovou dostupnost. (příloha 1)

5.2 Recyklační linky stavební sutě

Pro kvalitní využití recyklovaných stavebních materiálů je nutno zajistit jejich vysokou a trvalou kvalitu. Toho je možno docílit při dodržování technologických postupů, které začínají již při výběru vhodné technologie demolice, následného třídění a samozřejmě procesů zdobňování – drcení a mletí. Vhodnější se osvědčilo třídění již na stavbě než u samotného výrobce recyklátu. Na místě výroby je možno daleko lépe oddělit veškeré cizorodé látky. Důraz je kladen především na oddělení kontaminovaných a nekontaminovaných materiálů, cizorodých materiálů určených k recyklaci od minerálních sutí (cihelná suť, betonová suť, atd.). [32]

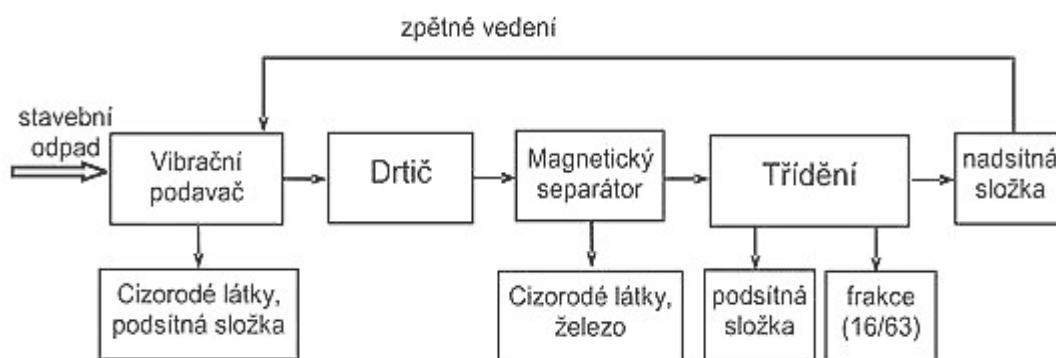
U stavebního odpadu jsou v České republice využívány ponejvíce mobilní linky. Je to především z toho důvodu, že se při větších stavebních akcích nemusí stavební odpad nikam převážet a zpracuje se přímo na staveništi. To přináší nemalé ekonomické úspory. Je jimi zpracováváno 90 % veškerých materiálů. V minulosti se jednalo o rozměrné stroje, které byly umístovány za přívěsy. Ovšem tento způsob nezajistil pohotovou manipulaci, proto linky prošly mohutným vývojem a došlo k rozvoji pásových podvozků, řízených dálkovými ovladači. [32] (obrázek 32)



Obrázek 32 – Schéma mobilního recyklačního stroje [32]

Trend v technologiích v recyklačních strojů směřuje ke kompaktnosti i snížení ekonomické náročnosti týkající se provozu i pořízení. Nevýhodou těchto zařízení je jejich rozměr, který bývá problematický při přemísťování. [32]

Tyto stroje jsou velice variabilní a umožňují změny v toku zpracovávaného materiálu, a to propojením podsítné složky z vibračního podavače, který je umístěn před drtičem a materiálem, který z drtiče vychází. [32] (obrázek 33)



Obrázek 33 - Kombinovaná linka se zpětným vedením [32]

5.3 Recyklační linky na sklo

V současnosti jsou většinou využívány plně automatizované linky, a to jak mobilní, tak stacionární. Zpracovává se v nich tabulové i obalové sklo, které se sváží tříděné na linku a zde pomocí automatizace se dotřídí a zbavuje nečistot (u některých neautomatizovaných linek tuto práci stále vykonává člověk). [33]

Recyklační proces zahrnuje tyto fáze:

- drcení kusů skla a střepeů – dochází k rozpojení na požadovanou velikost
- čištění skleněných střepeů
- odstranění etiket a zátek do samostatného zásobníku případně výpustě. [33]

Při manipulaci se střepe jsou samozřejmě používány stroje, moderní nakladače. Těmi se vkládají skleněné střepe na dopravní pryžový pás široký 800 až 1 000 mm. Střepe jsou v tomto stádiu vlhčeny, aby se zamezilo prášení. Ve sto kilogramech střepeů může zůstat pouze 10 g keramického materiálu, 6 g kovového a magnetického odpadu, 0,5 g nemagnetického odpadu a žádný netavitelný materiál. Příměsi jsou odstraněny v předdrtičích s magnetickou separací kovových částí, tak aby nedošlo k poškození zařízení. [34] (obrázek 34)

S první magnetickou separací dochází ke třídění hrubých nečistot. Poté tyto separované střepe prochází drtičem.

Dalším úkonem, který nastává, je odsávání nečistot a tzv. síťování. V jedno nebo dvousíťových zařízeních dochází odstranění hrubého podílu nad 25 mm. Může to být však i podíl pod 5 mm, neboť zde se koncentrují nečistoty. [34]

Do cyklonu se shromažďují nečistoty, které strhává proud šterbinovou hubicí. Následuje druhá magnetická separace. [35]

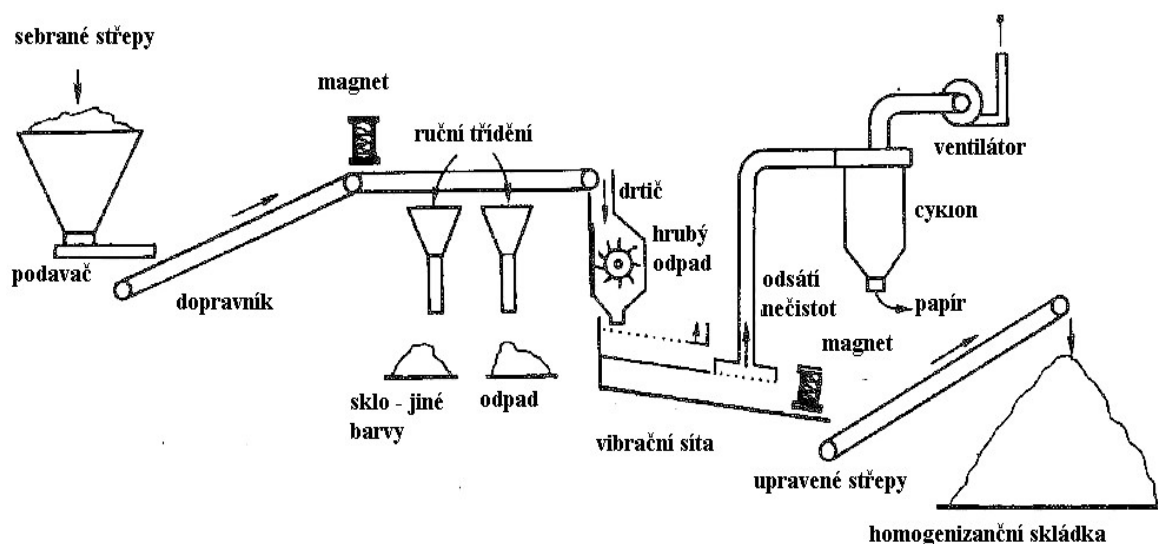
Poté dochází k samotnému zpracování.

Jsou využívány dvě výrobní alternativy - třídění podle barev:

1. základní model bez možností třídění skleněných střepů podle barevnosti.
2. modely s funkcí třídění skleněných střepů podle jejich barvy - maximální množství rozlišovaných barev skla je 6.

Sklo je drceno na střepy velikosti od 3 mm do 2 cm.

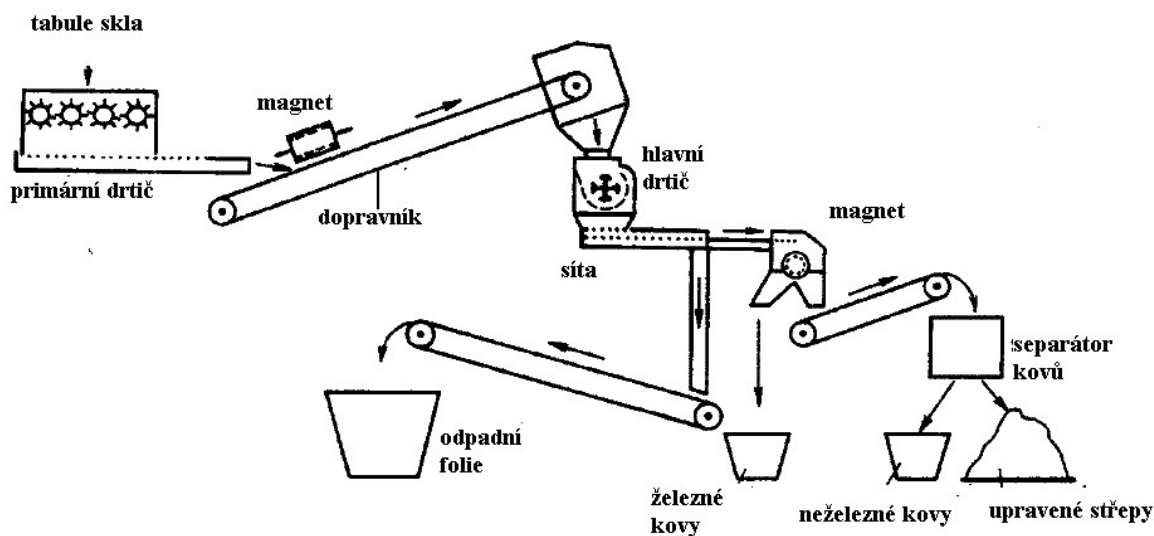
Ve finální části je materiál dvoufázově optoelektronickým zařízením vyčištěn. Podle ok v sítích je materiál rozdělen do frakcí podle požadované granuláže. V této konečné podobě je expedován odběratelům. [35]



Obrázek 34 – Technologická linka úpravy střepů [36]

Složitější je drcení např. u autoskel, která jsou polepena fólií, která se musí odstranit. Zpracování probíhá ve dvou fázích. Nejdříve jsou tabule zpracovány v drtiči, kde dochází k nalámání úlomků o velikosti 100 × 100 mm. Vzniklá drť prochází magnetickou separací. Odtud je dopravena do hlavního drtiče. Je to typ kladivového drtiče, který oddělí sklo od fólie. Na vibračním sítu se oddělí fólie a čisté střepy. Poslední fází je opět magnetický separátor, případně odlučovač neželezných kovů. [36]

Stejným způsobem, stejnou technologickou linkou (obrázek 35) se zpracovávají i drátoskla, u kterých je nutno oddělit dráty.



Obrázek 35 – Technologická úprava autoskla a drátoskla [36]

SPL Recycling a.s. je firma, která na trhu recyklačních společností působí již velmi dlouho. Výrobní linka se nachází v Chudeřicích u Bíliny a dokáže ročně zpracovat až 45 000 tun různých druhů odpadového skla. [35]



Obrázek 36 – Recyklační linka – Bílina-Chudeřice [35]

5.4 Recyklační linky – na zpracování pneumatik

Roste nutnost recyklace pneumatik, neboť neustále narůstá objem, který je určen k zneškodnění. Lze říci, že v Evropě se každoročně objevuje 3,2 mil tun šrotu pneumatik. Při recyklaci se ze starých pneumatik vytváří cenné produkty. [37]

A. Recyklační zařízení firmy ODES, s.r.o

Kromě gumy obsahují pneumatiky i kovový nebo textilní kord a rovněž po obvodu kovové lanko. Firma Odes, s.r.o. využívá u svých technologických linek několik fází drcení. Nadrcená hmota z první fáze se využívá jako palivo v cementárnách. Kov, který zůstal po procesu drcení v tomto případě, není na překážku. [19]

Pneumatiky se do technologické linky zakládají vstupním dopravníkem, poté se drtí na dvouhřídelovém (nožovém) drtiči. Odtud postupují spojovacím dopravníkem na druhý stupeň drcení, na jemnější frakci. Lze dosáhnout drti do 4 mm, která má velmi nízký obsah textilu a kovu. Opět se po spojovacím dopravníku přenesou na třídič, ve kterém se vytřídí sítím a opět se nadrtí (třetí stupeň drcení). [19]

Pro kvalitnější výsledný produkt na svých linkách firma Odes, s.r.o. používá dvouhřídelové drtiče, řady DRD pro průmyslové využití. [19]

B. Recyklační zařízení německé firmy ZERMA

V roce 1941 byla v Německu založena firma ZERMA, která se zabývá dodávkami zařízení na recyklaci odpadu. Mezi její produkty patří drtiče, granulátory a mnohá další zařízení na zpracování různých druhů odpadů. Stroje jsou dodávány do mnoha zemí nejen Evropy, ale i světa. [38]

Linka na zpracování pneumatik dokáže drtit na velikost < 20 mm. V tomto procesu je již velká část drátů vyseparována od gumy. V granulátoru GSH se kusy drtí až do velikosti 4 mm. Poté dochází k třídění na sítích. Cílem je dosáhnout, co nejkvalitnější výsledný produkt. [38] (příloha 4)

Mobilní recyklační linka firmy DIMFEJA

Přínosnou se jeví technologie firmy DIMFEJA, která svojí mobilní recyklační linkou DRP umožňuje provozovatelům zlepšení ekonomických výsledků, protože svoz k recyklačním linkám je velmi nerentabilní. Výhodami technologie DIMFEJA je i její unikátnost procesu recyklace. Jde o jednostupňový proces, při kterém odpadají náklady na opotřebované součástky. Rovněž neopomenutelná je nízká energetická náročnost a nezávislost na energetickém připojení. Linka má vlastní dieselaagregát. [39] (příloha 5)

Jedna z možností recyklace je technologický proces, jehož výstupem jsou tři frakce. Linka tedy pracuje v bezodpadovém režimu. (tabulka 4)

Tabulka 4 – Frakce recyklace pneumatik [39]

Ukazatel	Pneumatiky z osobních automobilů	Pneumatiky z nákladních automobilů
pryžový granulát	70 %	58 %
železná frakce (kordy, dráty)	17 %	33 %
textilní vlákna	13 %	9 %

6 Závěr

V současné společnosti stoupá význam úpravy sekundárních surovin. Tento růst je spojen s dostupností nových technologií na zpracování odpadů. K nejdůležitějším úpravám recyklovaného materiálu patří drcení a mletí. Typy drtičů a mlýnů jsou proto důležitou volbou zejména v recyklačních linkách, ale i v menších mobilních zařízeních. Je možno konstatovat, že forma nebo frakce recyklátu přímo závisí na použitém drticím a mlecím zařízení.

Tato zařízení proto mají předpoklad ke svému dalšímu vývoji, úměrně novým materiálům určeným k recyklaci, i legislativním opatřením v oblasti nakládání s odpady. Lze předpokládat, že po úpravách se dají využívat starší typy drtičů a mlýnů, určených primárně především k úpravám rud, ale je možné, že nebudou dosahovat předpokládaných účinností. Zde vzniká prostor pro jejich další vývoj a zdokonalování k recyklačním účelům.

Seznam použité literatury

1. FRIES, Jiří. *Stroje pro zpracování odpadu*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2007. 368 s.
2. TORA, Barbara, *Model procesu Mielenia*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2008. 127 s. ISBN 978-80-248-1737-8.
3. *Acta Montanistica Slovaca - international scientific journal* [online]. 1998 [cit. 2010-03-12]. *Acta Montanistica Slovaca - international scientific journal* 1998. Dostupné z WWW: <<http://actamont.tuke.sk/pdf/1998/n3/34durove.pdf>>
4. *FS ČVUT Praha* [online]. 2009 [cit. 2010-15-01]. Jirout Tomáš. Dostupné z WWW: <http://users.fs.cvut.cz/~jiroutom/vyuka/hmz/hmz13_rv.pdf>.
5. SEDLÁČKOVÁ, Věra, SEDLÁČEK, Pavel. *Přípravné procesy*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 114 s. ISBN 80-248-0582-0.
6. *FŽP UJEP* [online]. 2002 [cit. 2010-02-25]. Katedra technických věd. Dostupné z WWW: <http://www.fzp.ujep.cz/KTV/uc_texty/ptu/pt_uvod1.doc>
7. *Ekonom* [online]. 2009 [cit. 2010-01-22]. Pro veřejnost. Dostupné z WWW: <<http://www.ekokom.cz/scripts/detail.php?id=149>>
8. *Sezimovo ústí* [online]. 2009 [cit. 2010-02-06]. Seriál o třídění a recyklaci odpadů. Dostupné z WWW: <[http://212.71.135.254/vuzt/poraden/prirucky/p2005_01.pdf](http://www.google.cz/imgres?imgurl=http://www.sezimovo-usti.cz/_zivprostredi/recyklace/papir02.jpg&imgrefurl=http://www.sezimovo-usti.cz/_zivprostredi/recyklace_odpadu.php&h=762&w=416&sz=122&tbnid=BfT0xPf2Ac0GCM:&tbnh=142&tbnw=78&prev=/images%3Fq%3Drecyklace%2Bodpadu&hl=cs&usg=__ZS8uJ8wBrBAGeBRoS1mj9nDTt0A=&ei=m4J5S6aFIouKnQOpzpD ACQ&sa=X&oi=image_result&resnum=8&ct=image&ved=0CCEQ9QEwBw>>9. <i>VÚZT Praha</i> [online]. 2005 [cit. 2010-02-23]. Příručky VÚZT. Dostupné z WWW: <
10. *DSP Přerov* [online]. 2009 [cit. 2010-01-25]. Naše výrobky. Dostupné z WWW: <<http://www.dspprerov.cz/nase-vyrobyky/drtice/celistove-drtice-dc.html>>
11. *Pspengineering* [online]. 2009 [cit. 2010-03-09]. Drtiče. Dostupné z WWW: <http://www.pspengineering.cz/Brochure/CZ_Celistove_drtice.pdf>

12. *DSP Přerov* [online]. 2009 [cit. 2010-03-11]. Naše výrobky. Dostupné z WWW: <<http://www.dspprerov.cz/nase-vyrobky/drtice/odrazove-drtice-hic.html>>
13. *DSP Přerov* [online]. 2009 [cit. 2010-03-11]. Naše výrobky. Dostupné z WWW: <<http://www.dspprerov.cz/nase-vyrobky/drtice/valcove-drtice-rs.html>>
14. *Pspengineering* [online]. 2009 [cit. 2010-03-09]. Drtiče. Dostupné z WWW: <http://www.pspengineering.cz/Brochure/CZ_Kuzelove_drtice.pdf>
15. *Zařízení pro ekologii* [online]. 2009 [cit. 2010-02-23]. Drtiče . Dostupné z WWW: <http://www.odes.cz/drtice.htm#Jednoh%C5%99%C3%ADdelov%C3%A9_drti%C4%8De_odpadu>
16. *Zařízení pro ekologii* [online]. 2009 [cit. 2010-01-06]. Drtiče. Dostupné z WWW: <http://www.odes.cz/drtice.htm#Dvuh%C5%99%C3%ADdelov%C3%A9_drti%C4%8De_odpadu>
17. *Zařízení pro ekologii* [online]. 2009 [cit. 2010-01-06]. Drtiče. Dostupné z WWW: <http://www.odes.cz/drtice.htm#%C4%8Cty%C5%99h%C5%99%C3%ADdelov%C3%A9_drti%C4%8De_odpadu>
18. *Zařízení pro ekologii* [online]. 2009 [cit. 2010-01-06]. Drtiče. Dostupné z WWW: <http://www.odes.cz/drtice.htm#Bubnov%C3%A9_drti%C4%8De_odpadu>
19. *Zařízení pro ekologii* [online]. 2009 [cit. 2010-03-06]. Výrobní program. Dostupné z WWW: <http://www.odes.cz/files/odes_vyrobniprogram.pdf>
20. *Unikasset - domácí stránka* [online]. 2009 [cit. 2010-03-08]. Drtiče. Dostupné z WWW: <<http://www.unikasset.cz/Onás/Historie/tabid/67/Default.aspx>>
21. *Unikasset - domácí stránka* [online]. 2009 [cit. 2010-03-08]. Drtiče. Dostupné z WWW: <<http://www.unikasset.cz/LinkClick.aspx?fileticket=g%2b%2bPWeAatLk%3d&tabid=54&language=cs-CZ>>
22. *Chemistry Dictionary & Glossary* [online]. 2010 [cit. 2010-03-20]. Ball mill. Dostupné z WWW: <http://www.ktf-split.hr/glossary/en_o.php?def=ball%20mill>
23. *Paper Shredders and Disintegrators for Data and Document Destruction* [online]. 2010 [cit. 2010-03-28]. Shredders. Dostupné z WWW: <http://www.semshred.com/stuff/contentmgr/files/eec9ed24d9607cec3c3fe134cecedc8a/full/2disintegration_icon_purp.jpg>

24. *TU-Liberec-KST* [online]. 2008 [cit. 2010-02-18]. Katedra tváření kovů a plastů - skripta. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/03.htm>
25. *Terier* [online]. 2008 [cit. 2010-02-18]. Terier-mlýny. Dostupné z WWW: <<http://www.terier.cz/docs/mlyny/G300400cs.pdf>>
26. *Terier* [online]. 2009 [cit. 2010-03-09]. Mlýny. Dostupné z WWW: <<http://www.terier.cz/docs/mlynyhranolove/GH6001200cs.pdf>>
27. *Technoeuro produkty* [online]. 2009 [cit. 2010-02-26]. Produkty. Dostupné z WWW: <<http://www.technoeuro.cz/produkty>>.
28. *Ekonom* [online]. 2008 [cit. 2010-03-12]. Ekokomunikace. Dostupné z WWW: <http://www.ekokom.cz/assets/Klienti/EKO-KOMunikace_01-08.pdf>
29. *PET Recycling* [online]. 2008 [cit. 2010-03-11]. Recyklace PET lahví není vůbec jednoduchá. Dostupné z WWW: <http://www.petrecycling.cz/leda_PET_recycling.htm#>
30. *PET Recycling* [online]. 2008 [cit. 2010-02-18]. B2B linka od firmy Starlinger - Recostar PET-iV+. Dostupné z WWW: <<http://www.petrecycling.cz/starlinger.htm>>.
31. ŠKOPÁN, M.: *Analýza produkce recyklátů ze stavebních a demoličních odpadů a jejich využívání v návaznosti na regionální surovinovou politiku*. Studie ARSM pro MPO, říjen 2006
32. *Stavební technika- stavební stroje a jiná mechanizace* [online]. 2009 [cit. 2010-01-11]. Vývojové trendy v technologiích pro recyklaci stavebních a demoličních odpadů. Dostupné z WWW: <<http://stavebni-technika.cz/clanky/trendy-v-technologiech-pro-recyklaci-odpadu/>>
33. *Dimfeja Holding* [online]. 2009 [cit. 2010-03-01]. Recyklace skla. Dostupné z WWW: <http://www.dimfeja.eu/cz/recyklace_sklo.htm>.
34. *SAKO Brno, a.s.* [online]. 2009 [cit. 2010-12-11]. SAKO Brno, a.s. - Seprace. Dostupné z WWW: <<http://www.sako.cz/separace/sklo/>>.
35. *SPL Recycling a.s.* [online]. 2009 [cit. 2010-02-113]. Recyklace skla. Dostupné z WWW:<http://splrecycling.com/recyklace_skla_a_jeji_vyznam.html>

36. *SMEP 3.1* [online]. 2008 [cit. 2010-02-15]. Skripta ČZU. Dostupné z WWW: http://etext.czu.cz/img/skripta/64/tf_43c-1.pdf
37. *Pallmann* [online]. 2010 [cit. 2010-03-20]. Altreifen, Reifenrecycling, Shredder, Schneidmühlen, Pallmann. Dostupné z WWW: http://www.pallmann.eu/language/front_content.php?idart=436&idcat=344 [<=1&client=1>](#)
38. *Zerma* [online]. 2010 [cit. 2010-03-28]. Zerma ZTS systémy recyklace. Dostupné z WWW: <http://zerma.com/pictures/ZTS/tire-line-flow-chart.jpg>
39. *Dimfeja Holding* [online]. 2010 [cit. 2010-03-28]. Dimfeja Holding - technologie. Dostupné z WWW: http://www.dimfeja.eu/cz/recyklace_pneu.htm
40. *Unikasset - domácí stránka* [online]. 2009 [cit. 2010-03-08]. Drtiče. Dostupné z WWW: <http://www.unikasset.cz/LinkClick.aspx?fileticket=g%2b%2bPWeAatLk%3d&tabid=54&language=cs-CZ>
41. *Made-in-china.com* [online]. 2010 [cit. 2010-03-20]. PET-Material-Crushing-and-Washing-Line. Dostupné z WWW: <http://image.made-in-china.com/2f0j00KBvtJCShfGgH/PET-Material-Crushing-and-Washing-Line.jpg>

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Schéma rozdělení krychle podle Rittingera [2]

Obrázek 2 – Způsoby zdrobňování [4]

Obrázek 3 – Kladivový drtič [4]

Obrázek 4 – Jednovzpěrný čelistový drtič [11]

Obrázek 5 – Odrazový drtič [1]

Obrázek 6 – Válcový drtič [9]

Obrázek 7 – Kuželový drtič [14]

Obrázek 8 – Sítové drtiče [9]

Obrázek 9 – Cepové drtiče [9]

Obrázek 10 – Bubnové drtiče [9]

Obrázek 11 – Nožové – tři nože [9]

Obrázek 12 – Spirálové [9]

Obrázek 13 – Jednohřídelový drtič [15]

Obrázek 14 – Dvouhřídelové drtiče odpadu [16]

Obrázek 15 – Čtyřhřídelové drtiče odpadu [17]

Obrázek 16 – Bubnový drtič [19]

Obrázek 17 – Dvojrotorový drtič odpadu DUC 16 [21]

Obrázek 18 – Princip kulového mlýnu [2.2]

Obrázek 19 – Tyčový mlýn [1]

Obrázek 20 – Vibrační mlýn [4]

Obrázek 21 – Nožový mlýn [23]

Obrázek 22 – Talířový mlýn [24]

Obrázek 23 – Kladivový mlýn [1]

Obrázek 24 – Nožový mlýn [25]

Obrázek 25 – Hranolový mlýn [26]

Obrázek 26 – Mlýn – 10 kladiv [27]

Obrázek 27 – Mlýn Drake – 16 kladiv [27]

Obrázek 28 – Předepírací stroj [29]

Obrázek 29 – Prací část recyklační linky [29]

Obrázek 30 – Flotační tank [29]

Obrázek 31 – Starlingerova linka Recostar PET iV+ pro recyklaci PET [30]

Obrázek 32 – Schéma mobilního recyklačního stroje [32]

Obrázek 33 - Kombinovaná linka se zpětným vedením [32]

Obrázek 34 – Technologická linka úpravy střepů [36]

Obrázek 35 – Technologická úprava autoskla a drátoskla [36]

Obrázek 36 – Recyklační linka – Bílina-Chudeřice [35]

Obrázek 37 – drtící a mycí linka [41]

Obrázek 38 – Blokové schéma separace skla [33]

Obrázek 39 – Schéma jednomotorového drtiče [21]

Obrázek 40 – Schéma dvoumotorového drtiče [21]

Obrázek 41 – Systém recyklace pneumatik [38]

Obrázek 42 – Mobilní technologie firmy DIMFEJA [39]

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Hodnota práce a stupeň fragmentace [2]

Tabulka 2 – Velikost částic získaných drcením a mletím [1]

Tabulka 3 – Porovnání mlýnů s různým počtem kladiv [27]

Tabulka 4 – Frakce recyklace pneumatik [39]

Tabulka 5 - Technická data – jednomotorový drtič [21]

Tabulka 6 – Technická data – dvoumotorový drtič [21]

Seznam příloh

Příloha 1 – Recyklační linka PET

Příloha 2 – Blokové schéma na separaci skla

Příloha 3 – Unikasset drtič DUC16

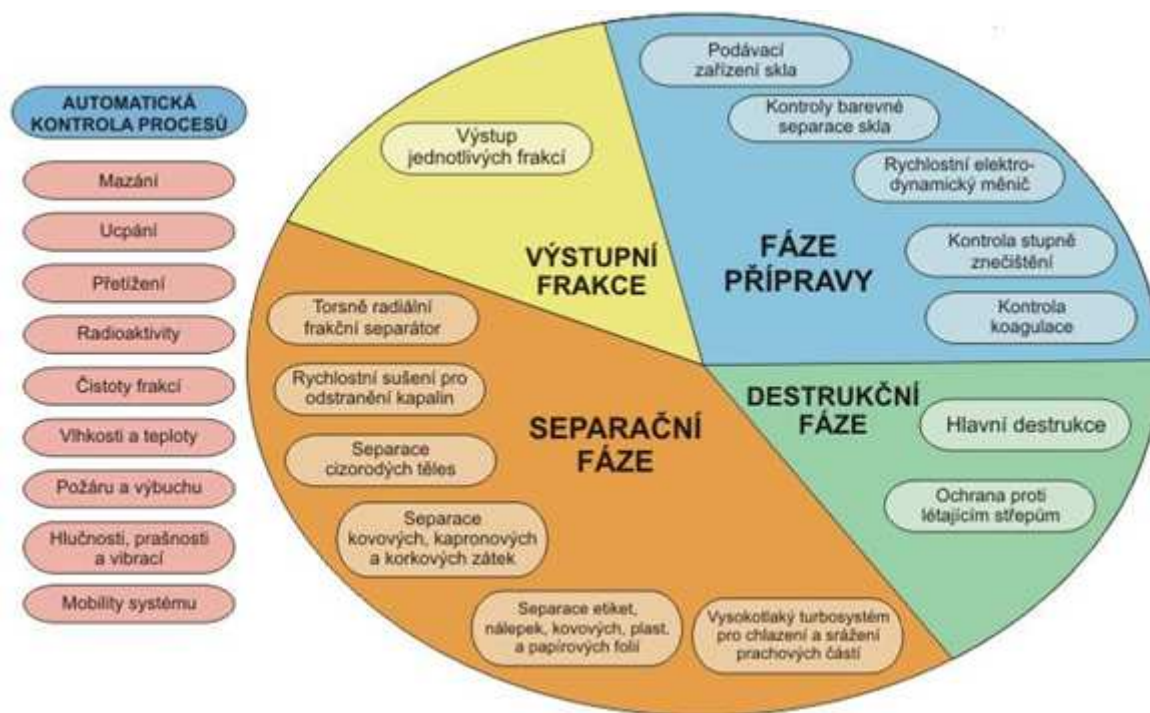
Příloha 4 – Systémy recyklace pneumatik firmy Zerm

Příloha 5 – Blokové schéma na separaci pneumatik



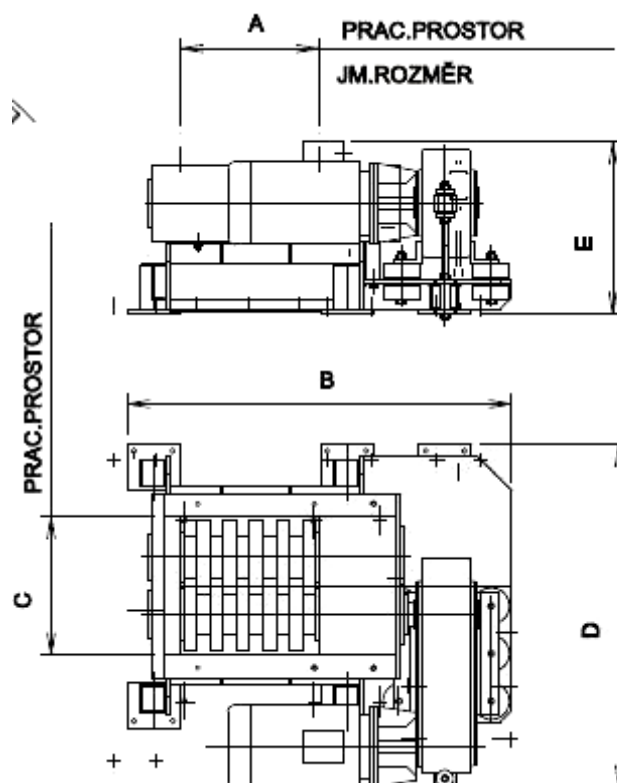
Obrázek 37 – drtící a mycí linka [41]

Příloha 2 – Blokové schéma na separaci skla



Obrázek 38 – Blokové schéma separace skla [33]
(obrázek byl upraven a vychází ze zdroje [33])

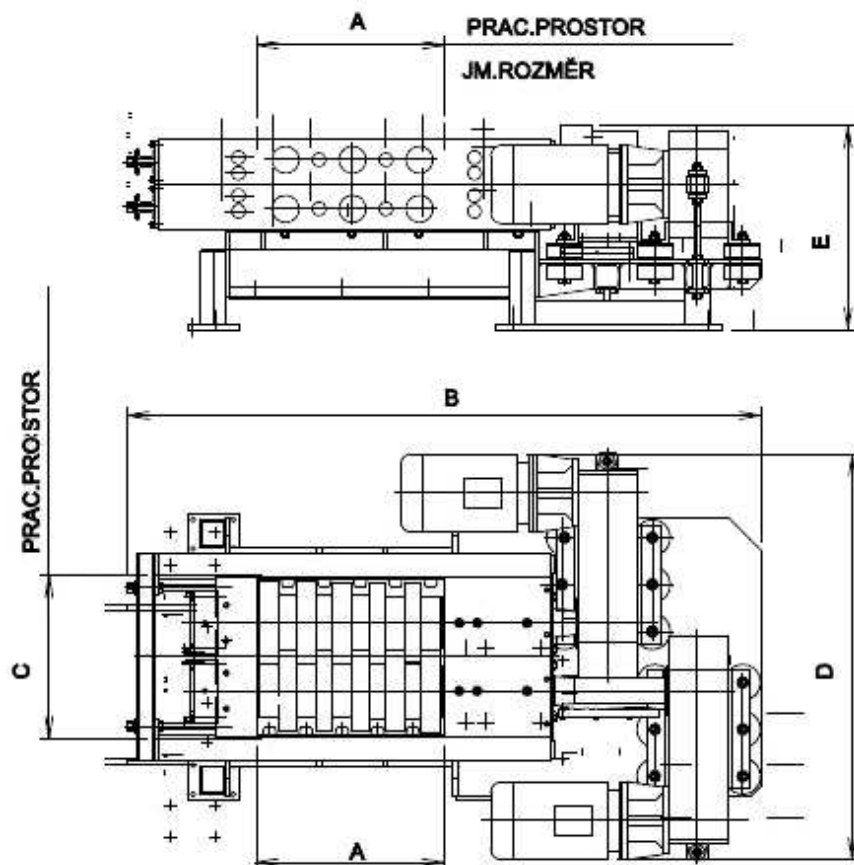
Příloha 3 – Unikaset drtič DUC16



Obrázek 39 – Schéma jednomotorového drtiče [21]

Příkon hlavního motoru	11 kW	22 kW
Hmotnost pro délku A600	2 600 kg	2 800 kg
Průměr drtících segmentů	319 mm	319 mm
Otáčky drtících segmentů	10-80 min ⁻¹	18-23 min ⁻¹
Šířka drtících segmentů	12-50 mm	

Tabulka 5 - Technická data – jednomotorový drtič [21]
(tabulka přepracována podle [21])

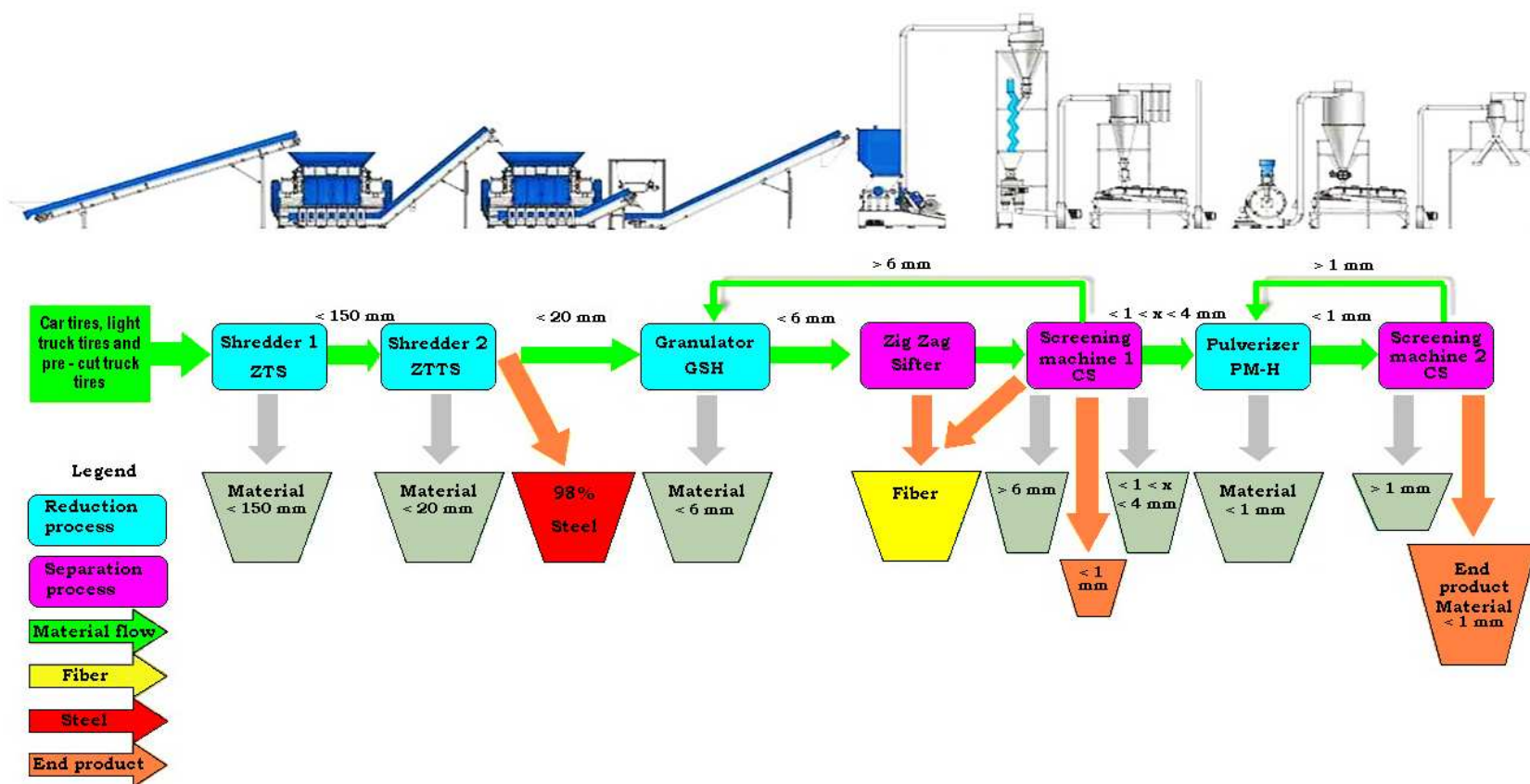


Obrázek 40 – Schéma dvoumotorového drtiče [21]

Příkon hlavního motoru	2×22 kW	2×37 kW	2×37 kW
Hmotnost pro délku A600 mm	4 800 kg	7 600 kg	8 300 kg
Průměr drtících segmentů	370 mm	500 mm	500 mm
Otáčky drtících segmentů	10-80 min ⁻¹	18-23 min ⁻¹	18-23 min ⁻¹
Šířka drtících segmentů	12-50 mm	—	—

Tabulka 6 – Technická data – dvoumotorový drtič [21]
(tabulka přepracována podle [21])

Příloha 4 – Systémy recyklace pneumatik firmy Zerm



Obrázek 41 – Systém recyklace pneumatik [38]

Příloha 5 – Blokové schéma na separaci pneumatik



Obrázek 42 – Mobilní technologie firmy DIMFEJA [39]